

# 四川盆地侏罗系致密油勘探开发进展与对策

黄东<sup>1</sup>, 杨跃明<sup>1</sup>, 杨光<sup>1</sup>, 杨家静<sup>1</sup>, 闫伟鹏<sup>2</sup>, 杨智<sup>2</sup>

(1. 中国石油西南油气田公司勘探开发研究院, 成都 610041;

2. 中国石油勘探开发研究院, 北京 100083)

**摘要:**四川盆地侏罗系原油勘探开发历史悠久,“十二五”期间在致密油地质理论和现代勘探开发工艺等关键技术的指导下,系统开展了攻关研究,取得了多项新进展、新认识。但就目前的认识和勘探开发成效而言,仍处于致密油起步和探索阶段。要实现效益开发主要面临深化理论认识、突破关键技术、加大管理创新、科学有序推进等挑战。基于该区复杂的地质条件和不可预见的国际原油形势,要实现四川盆地侏罗系的效益开发,需加强资源优选,落实“甜点”;突出技术攻关,突破瓶颈;加大管理创新,降本增效;科学合理组织,有序推进。

**关键词:**致密油;效益开发;侏罗系;四川盆地

中图分类号:TE132.1

文献标识码:A

## Countermeasure and progress of exploration and development of Jurassic tight oil in the Sichuan Basin

Huang Dong<sup>1</sup>, Yang Yueming<sup>1</sup>, Yang Guang<sup>1</sup>, Yang Jiajing<sup>1</sup>, Yan Weipeng<sup>2</sup>, Yang Zhi<sup>2</sup>

(1. *Exploration and Development Research Institute, PetroChina Southwest Oil & Gasfield Company, Chengdu, Sichuan 610041, China*; 2. *PetroChina Research Institute of Petroleum Exploration & Development, Beijing 100083, China*)

**Abstract:** The exploration and development of tight oil in the Jurassic has a long history in the Sichuan Basin. Many new developments and recognitions have been made during the 12th Five Year Plan based on tight oil geological theory and modern exploration and development techniques. However, tight oil exploration is still in beginning stages, facing the challenges of deepening theoretical knowledge, innovating key technology, improving management, and promoting development methodically. Due to complex geological conditions and the unforeseeable international crude oil supply situation, some advice was proposed to realize development efficiencies of the Jurassic tight oil in the Sichuan Basin. Target selection should be optimized to identify “sweet spots”. New techniques are necessary for breaking bottlenecks. Improved management helps reduce costs. Scientific organizations can promote tight oil development systematically.

**Key words:** tight oil; beneficial development; Jurassic, Sichuan Basin

四川盆地是一个大型含油气叠合盆地,纵向上发育多套含油气层位,是中国油气工业的基地和摇篮。原油纵向上主要分布在侏罗系,平面上大面积分布于盆地中部的川中地区,面积约 $4 \times 10^4$  km<sup>2</sup>。自1958年以来,四川盆地石油勘探开发经历了“早期勘探起步”、“滚动勘探开发”、“30万吨原油上产”、“原油调整稳产”和“重大专项科技攻关试验”5个阶段。经过半个多世纪的勘探开发,已发现5个油田、18个含油区块,累计生产原油超 $500 \times 10^4$  t。虽取得一定的勘探开发成效,但年产量一直在 $10 \times 10^4$  t左右徘徊,尤其是“十一五”以来,由于投入减少,年产量逐年下降,实际产量与资源评价结果相差较

大,未能实现规模效益开发。在国内外致密油气勘探开发取得重大突破的背景下,“十二五”期间中国石油西南油气田公司在非常规油气理论和技术的指导下,系统开展了盆地侏罗系致密油的石油科技重大攻关,取得了丰硕的成果,积极有序地推动了盆地侏罗系致密油勘探开发的稳步发展,为侏罗系致密油规模效益开发奠定了坚实的资源和技术的双基础<sup>[1-8]</sup>。

## 1 地质背景及勘探开发概况

川中地区侏罗系地层为一套以碎屑岩为主、夹介壳灰岩的三角洲—内陆湖泊相淡水沉积,总残余

厚度一般在 2 000~3 000 m,地层埋深具有南浅北深、东浅西深的特征。侏罗系纵向上发育 4 套泥质烃源岩,主力烃源岩为大安寨段和凉高山组,有机质类型主要为 II 型,处于生油高峰期;自下而上发现了珍珠冲段砂岩、东岳庙段介壳灰岩、大安寨段介壳灰岩、凉高山组砂岩和沙溪庙组一段砂岩 5 套储层,纵向上多层叠置,平面上大面积分布。储层物性大安寨段介壳灰岩最低,平均孔隙度仅为 1.06%,沙一段砂岩孔隙度最高,平均为 3.4%。储集空间类型多样,发育微米—纳米级孔喉,总体上致密化程度高,属于特低孔、特低渗储层。储层与烃源岩紧邻或紧密共生,烃储空间搭配好,近源充注明显,油层纵向上多层叠置,平面上大面积连续分布,局部富集高产。

川中侏罗系目前已建成 5 个油田(桂花、金华、中台山、莲池、公山庙),发现 18 个含油气构造或区块,累计获得石油三级地质储量约  $1.6 \times 10^8$  t。截至 2015 年底,累计生产原油  $505 \times 10^4$  t,其中大安寨段占 82%,凉高山组占 12%,沙溪庙组占 4%,珍珠冲段占 2%。“十一五”以来,由于受供需关系和国际原油价格持续低迷的影响,勘探开发工作量不断减少,原油产量不断下降,目前川中原油年产能已下降到  $4 \times 10^4$  t 左右,勘探开发形势不容乐观。要达到规模效益开发,需持续开展攻关研究,在资源、技术上做好储备,为盆地侏罗系致密油的彻底解放和效益开发提供有力的双保障<sup>[9-15]</sup>。

## 2 “十二五”期间勘探开发新进展

“十一五”末,中国石油天然气集团公司咨询中心专家组针对四川盆地侏罗系石油勘探开发前景,开展了大量研究,并向集团公司提交了“关于十二五期间设立四川石油重大科技专项的建议”,得到集团公司的高度重视,并同意设立科技攻关专项,重点开展盆地侏罗系石油的“4 个重新认识”:资源量和储量、油藏类型、裂缝型储层以及工程技术适应性。经过“十二五”期间的持续攻关,取得了多项研究和勘探技术的新进展和新认识,有力推动了盆地侏罗系致密油的勘探开发。

进展一:资源评价结果揭示,5 套油层侏罗系致密油资源量达  $16.1 \times 10^8$  t,位列全国第五,其中大安寨段占 60.6%,川中仍然是致密油勘探开发的主战场,但资源丰度最低,开发难度较大(表 1)。

进展二:储层整体致密,属特低孔、低渗储层。储集空间类型多样,尺寸较小,主要为微—纳米级,动静态资料综合揭示裂缝—孔隙(孔洞)型储层是

表 1 四川盆地侏罗系致密油资源量与国内其他致密油盆地对比

Table 1 Tight oil resources in Jurassic in the Sichuan Basin and other tight oil basins in China

盆地	评价面积/ $10^4 \text{ km}^2$	地质资源量/ $10^8 \text{ t}$	地质资源丰度/ $(10^4 \text{ t} \cdot \text{km}^{-2})$
四川盆地	3.294	16.128	4.896
鄂尔多斯盆地	0.8	36.1	42.5
松辽盆地	1.9~1.3	24.43	13~19
三塘湖盆地	0.36	17.28	48
渤海湾盆地	2~0.3	16.4~17.1	8~52
柴达木盆地	0.3~0.4	6.6~7.2	20
准噶尔盆地	0.14	6.62	48
二连盆地	0.16	3.64	23
吐哈盆地	0.55	3.4	6.2
花海盆地	0.04	0.54	15
三水盆地	0.03	0.45	15
酒西盆地	0.001	0.07	67
北部湾盆地 福山凹陷	0.03	0.8	23

高产、稳产的主要对象。虽然盆地侏罗系累产超过  $1 \times 10^4$  t 的油井仅占总井数的 20%~30%,但累计产量占总产量的 60%以上;累产  $1 \times 10^4$  t 以上的油井储层类型主要为裂缝—孔隙(孔洞)型(图 1)。

进展三:储层与烃源岩紧邻或紧密共生,5 套油层纵向上多层叠置,近源充注。平面上,油气井分布不受构造圈闭控制,含油范围远大于局部构造范围,宏观上具有大面积连续分布的特征(图 2)。

进展四:砂岩物性相对较好,地质、地球物理、工艺技术配套较为成熟,先导试验效果显著,2 口沙一段水平井测试平均产量 22 t/d,较相邻直井产量提高 3~5 倍,砂岩致密油勘探开发配套技术初步形成,具备推广应用条件。

## 3 存在的问题

经过“十二五”期间的攻关研究和先导试验,取得了地质、地球物理、开发措施、工程等方面的新进展和新认识,但四川盆地侏罗系致密油特殊的地质背景,以及半个多世纪的勘探开发成效进一步说明,该区致密油勘探开发难度较大,还有许多亟待解决的问题,侏罗系致密油规模效益开发任重道远。

问题一:资源与产量不匹配。资源量大,资源转化率低,两级分化突出。全国第四次资源评价表明,四川盆地侏罗系致密油资源量达  $16.1 \times 10^8$  t,位列全国致密油第五位,资源量丰富,其中 91%的资源分布在川中地区。但经过近 60 年的勘探开发,仅发现 5 个油田,累计探明储量  $0.81 \times 10^8$  t,控制储量  $0.24 \times 10^8$  t,预测储量  $0.56 \times 10^8$  t,累计生产原油



505×10<sup>4</sup> t。四川盆地致密油探明率极低,未发现资源量超过 92%,开采率极低,尚有 96%的剩余可采资源量,剩余资源量主要分布在大安寨段,其次为凉上段和沙一段(图 3)。

问题二:储层改造工艺未能突破。资源评价结果和生产效果揭示,主力产油层位为大安寨段介壳灰岩,致密油资源量达 9.78×10<sup>8</sup> t,占侏罗系致密油资源量的 60.6%,目前已经累计生产原油 413.17×10<sup>4</sup> t,占致密油总产量的 81.7%。“十二五”期间大安寨段先导试验 8 口井,仅有高浅 1H 井水平井+体积压裂获得了 53.5 t/d 的高产工业油流,其余 7 口井水平井+体积压裂技术均未获得明显效果,测试产量介于 0.1~1.3 t/d,未达到体积压裂目的和效果,大安寨段介壳灰岩主体储层改造技术尚不明确(表 2)。

问题三:成本与效益挑战。国际油价低位运行,效益开发压力巨大。受供需关系和经济发展形势的影响,国际原油价格从 2008 年的 147 美元/桶,跌至目前的 45 美元/桶,在低油价下,国内外致密油均面临成本与效益挑战。“十二五”期间致密油先导试验攻关 5 口钻井、试验正常水平井成本分析表明,成本主要集中在钻井工程(35.84%)、储层改造

(28.82%)以及试油作业(10.26%)三大类,累计占总成本的 75.28%,单位成本高达 17 361 元/m(图 4)。根据目前的致密油单井投资和操作成本及产量,对致密油经济效益进行预测,要达到致密油开发不亏,油价不得低于 137.5 美元/桶,当内部收益率达 12%时,油价不得低于 222.2 美元/桶。

问题四:甜点如何科学、有效实施。富集区初步明确,如何实施还不明朗。经过“十二五”期间的攻关研究,侏罗系致密油具有“近源充注、大面积分布、甜点富集”的成藏富集特征,富集区分布受源储匹配、优质烃源区、储层发育区和裂缝发育

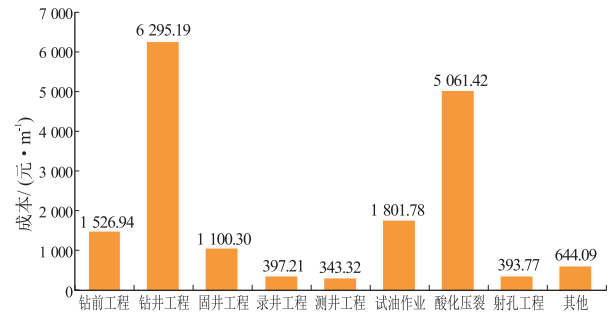


图 4 四川盆地侏罗系致密油先导试验井成本分布  
Fig.4 Costs of pilot tests in tight oil wells in Jurassic, Sichuan Basin

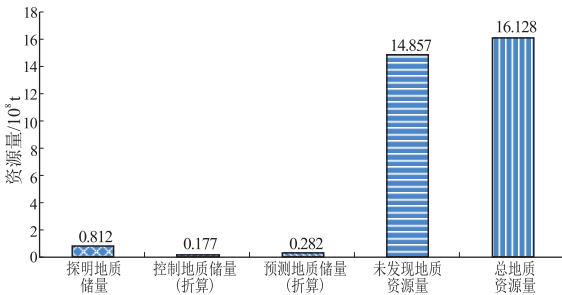


图 3 四川盆地侏罗系致密油资源勘探开发现状

Fig.3 Present situation of exploration and development of tight oil in Jurassic, Sichuan Basin

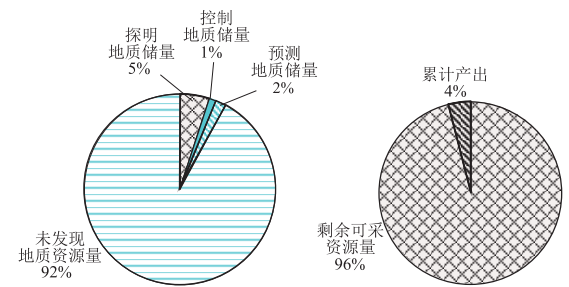


表 2 四川盆地致密油介壳灰岩储层先导试验水平井工程技术问题

Table 2 Problems of pilot tests in horizontal wells in tight oil carbonate reservoirs, Sichuan Basin

井号	水平段/m	改造方式	改造规模		测试产量		存在问题
			总液量/m <sup>3</sup>	总砂量/m <sup>3</sup>	日产油/t	日产气/m <sup>3</sup>	
G115H	920	体积压裂+酸压	7 030	301	0.3	2 600	未达到体积压裂目的;且套管变形 8 个空心桥塞无法钻磨,未实现全通径,导致因压裂液滞留时间长对储层的伤害
LQ3	500	体积压裂	3 307	135	试油期间产油 14.84 t		未达到体积压裂的目的
G003-H17	820	体积压裂	3 623	188	排液见油花		未达到体积压裂的目的
LQ009-H1	810	分段酸压	958		0.1	1 000	未实现钻完井全过程欠平衡;完井过程中储层受到较大伤害,且排液过程中树脂球不能顺利返出
LQ009-H2	506	酸化	182		1.3	27 417	未实现钻完井全过程欠平衡;首次试验的冻胶阀未破胶
G003-H18	326	分段酸压	261		0.5	29	首次在裂缝发育带内靶导致储层钻遇率很低
G118H	884	分段酸压	2 344		排液见油花		首次使用的酸液不适应

带共同控制,根据典型油田、油井建立富集区评价标准,并初步明确了富集区分布。富集区南起安岳,北至平昌,西起三台,东至渠县,分布面积达 10 150 km<sup>2</sup>,油层埋深南北向最大高差达 2 000 m (图 5)。此外,“十二五”期间 2 口砂岩致密油先导试验井均获得高产,与之相适应的勘探开发配套技术已经形成。在现有技术手段、成本条件以及地质认识条件下,选择哪套地层、哪个地区才能实现致密油的效益开发,需要进一步论证。

#### 4 相应对策建议

对策一:资源优选,落实“甜点”。资源评价结果表明,虽然四川盆地侏罗系致密油资源量大,但对比国内其他致密油区依然存在不足。如储层致密化程度高,资源丰度低,开发措施简单,开采难度大等。因此在资源评价结果的基础上,进一步根据已探明油田内的累产超万吨油井的动静态资

料,以相对优质储层为突破口,深入开展“甜点”区的评层选区工作,促进资源量向储量、储量向产量的转化,切实解决资源与产量两级分化严重的突出矛盾。

对策二:技术攻关,突破瓶颈。资源评价和已开发效果均揭示大安寨段勘探开发潜力巨大,是四川盆地侏罗系致密油最重要的产油层位。由于存在致密化程度高、储层厚度薄、非均质性强等诸多难点,储层评价与预测、储层改造技术等关键瓶颈技术还未形成,无法满足四川盆地侏罗系致密油规模效益开发的需要<sup>[16-19]</sup>。

对策三:管理创新,降本增效。在吉林油田致密油试验区,通过创新管理模式、提高工作效率,转变经营理念,实现了降本增效,给了我们极大信心。结合四川盆地侏罗系致密油的特点,一方面加强多学科有机结合,全面评价致密油勘探开发效果,形成特色鲜明的致密油勘探开发技术体系,降低致密

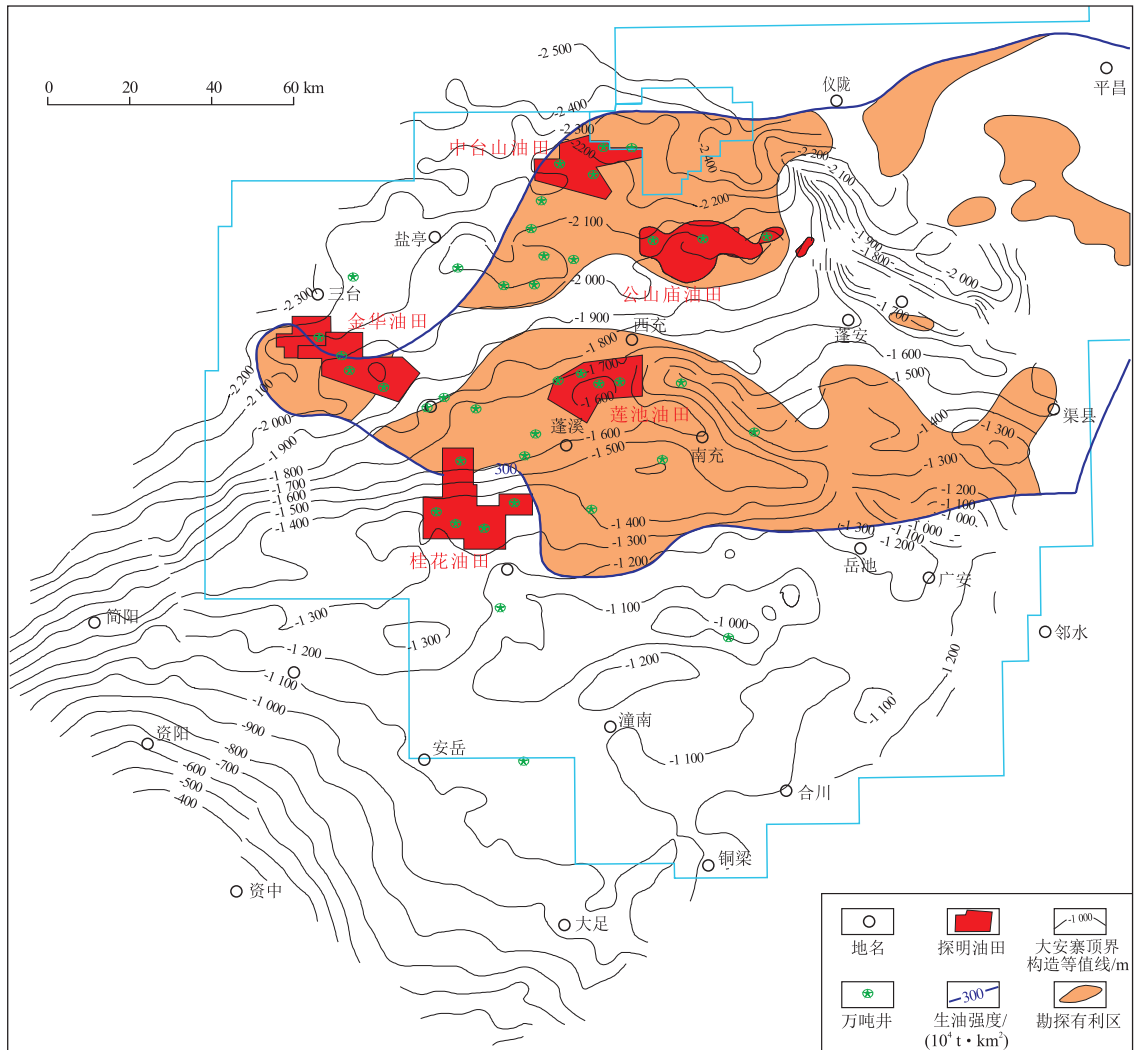


图 5 四川盆地川中地区侏罗系大安寨段有利区与探明油田

Fig.5 Favorable areas in Jurassic Da'anzhai Formation in Sichuan Basin and distribution of oil wells

油勘探开发的风险;另一方面,有序加大市场化力度,通过良性竞争,有效控制成本。川中油区95%以上工程技术服务属于关联交易,市场化程度很低。目前非常规事业部已向市场跨出了一步,已承钻2口原油井,成本下降26%左右,钻井成本由19 594元/m下降到14 288元/m。通过市场化运作,引进社会化钻井、试油队伍,引入竞争机制,降本增效初见成效<sup>[20-24]</sup>。

对策四:科学组织,有序推进。分别从“甜点”特征、配套技术、钻井投资等方面综合分析,科学组织,有计划、有目的地对不同类型致密油进行分布实施。砂岩致密油:建立规模效益开发试验区,以开发为目的,在探明区将配套技术集成应用,实施过程中进一步优化,降本增效。介壳灰岩致密油:建立水平井体积压裂试验区,以勘探为目的,在川中南部地区集中力量开展工艺试验,攻克瓶颈技术。该区大安寨段储层物性相对最好,且致密油“甜点”发育;大安寨段埋深浅,单井投资相对最少;钻井、测井、地震等资料丰富,有利于“甜点”综合评价、老井上试和井组部署<sup>[25-29]</sup>。

## 5 结论

(1)四川盆地侏罗系致密油资源量大,5套含油层系纵向上叠置,平面上大面积分布,但致密油形成条件复杂,规模效益开发难度巨大。

(2)“十二五”期间依托中国石油天然气集团公司石油科技重大专项攻关,取得了多项新认识和新进展,勘探开发初见成效,有力、有序地推动了四川盆地侏罗系致密油勘探开发,为致密油的规模效益开发奠定了坚实基础。

(3)四川盆地侏罗系致密油还处于单井试验阶段,通过资源、技术、管理、组织等方面的精心组织和实施,当油价回暖到一定程度时,其规模效益勘探开发值得期待。

## 参考文献:

- [1] 杜金虎,何海清,杨涛,等.中国致密油勘探进展及面临的挑战[J].中国石油勘探,2014,19(1):1-9.  
Du Jinhu, He Haiqing, Yang Tao, et al. Progress in China's tight oil exploration and challenges [J]. China Petroleum Exploration, 2014, 19(1): 1-9.
- [2] 黄东,杨光,韦腾强,等.川中桂花油田大安寨段致密油高产稳产再认识[J].西南石油大学学报(自然科学版),2015,37(5):23-32.  
Huang Dong, Yang Guang, Wei Tengqiang, et al. Recognition of high yield and stable yield factors of Daanzhai tight oil, Guihua oilfield [J]. Journal of Southwest Petroleum University (Science & Technology Edition), 2015, 37(5): 23-32.
- [3] 邹才能,张国生,杨智,等.非常规油气概念、特征、潜力及技术:兼论非常规油气地质学[J].石油勘探与开发,2013,40(4):385-399,454.  
Zou Caineng, Zhang Guosheng, Yang Zhi, et al. Geological concepts, characteristics, resource potential and key techniques of unconventional hydrocarbon: On unconventional petroleum geology [J]. Petroleum Exploration and Development, 2013, 40(4): 385-399, 454.
- [4] 贾承造,邹才能,李建忠,等.中国致密油评价标准、主要类型、基本特征及资源前景[J].石油学报,2012,33(3):343-350.  
Jia Chengzao, Zou Caineng, Li Jianzhong, et al. Assessment criteria, main types, basic features and resource prospects of the tight oil in China [J]. Acta Petrolei Sinica, 2012, 33(3): 343-350.
- [5] 贾承造,郑民,张永峰.中国非常规油气资源与勘探开发前景[J].石油勘探与开发,2012,39(2):129-136.  
Jia Chengzao, Zheng Min, Zhang Yongfeng. Unconventional hydrocarbon resources in China and the prospect of exploration and development [J]. Petroleum Exploration and Development, 2012, 39(2): 129-136.
- [6] 王南,裴玲,雷丹凤,等.中国非常规天然气资源分布及开发现状[J].油气地质与采收率,2015,22(1):26-31.  
Wang Nan, Pei Ling, Lei Danfeng, et al. Analysis of unconventional gas resources distribution and development status in China [J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2015, 22(1): 26-31.
- [7] 闵春佳,卢双舫,唐明明,等.致密油储层水平井压裂参数优化模拟[J].断块油气田,2015,22(6):794-797.  
Min Chunjia, Lu Shuangfang, Tang Mingming, et al. Hydro-fracturing parameter optimization and simulation of horizontal well in tight oil reservoir [J]. Fault-Block Oil and Gas Field, 2015, 22(6): 794-797.
- [8] 冷振鹏,杨胜建,吕伟峰,等.致密油孔隙结构表征方法:以川中致密油储层岩心为例[J].断块油气田,2016,23(2):161-165.  
Leng Zhenpeng, Yang Shengjian, Lü Weifeng, et al. Pore structure characterization for tight oil reservoirs: taking Chuanshan tight oil reservoir cores as examples [J]. Fault-Block Oil and Gas Field, 2016, 23(2): 161-165.
- [9] 邹才能,杨智,陶士振,等.纳米油气与源储共生型油气聚集[J].石油勘探与开发,2012,39(1):13-26.  
Zou Caineng, Yang Zhi, Tao Shizhen, et al. Nano-hydrocarbon and the accumulation in coexisting source and reservoir [J]. Petroleum Exploration and Development, 2012, 39(1): 13-26.
- [10] 邹才能,朱如凯,吴松涛,等.常规与非常规油气聚集类型、特征、机理及展望:以中国致密油和致密气为例[J].石油学报,2012,33(2):173-187.  
Zou Caineng, Zhu Rukai, Wu Songtao, et al. Types, characteristics, genesis and prospects of conventional and unconventional hydrocarbon accumulations: Taking tight oil and tight gas in China as an instance [J]. Acta Petrolei Sinica, 2012, 33(2): 173-187.
- [11] 郭秋麟,陈宇生,吴晓智,等.致密油资源评价方法研究[J].中国石油勘探,2013,18(2):67-76.  
Guo Qiulin, Chen Yusheng, Wu Xiaozhi, et al. Method for assessment of tight oil resources [J]. China Petroleum Exploration, 2013, 18(2): 67-76.
- [12] 邱振,邹才能,李建忠,等.非常规油气资源评价进展与未来

- 展望[J].天然地球科学,2013,24(2):238-246.
- Qiu Zhen,Zou Caineng,Li Jianzhong, et al.Unconventional petroleum resources assessment:Progress and future prospects[J]. Natural Gas Geoscience,2013,24(2):238-246.
- [13] 梁狄刚,冉隆辉,戴弹申,等.四川盆地中北部侏罗系大面积非常规石油勘探潜力的再认识[J].石油学报,2011,32(1):8-17.
- Liang Digang,Ran Longhui,Dai Danshen, et al.A re-recognition of the prospecting potential of Jurassic large area and non-conventional oils in the central-northern Sichuan Basin[J]. Acta Petrolei Sinica,2011,32(1):8-17.
- [14] 史晓东.非均质致密油储层水平井体积压裂产能预测[J].特种油气藏,2016,23(3):90-93.
- Shi Xiaodong.Productivity forecast of volume-fractured horizontal well in heterogeneous tight oil reservoir [J].Special Oil & Gas Reservoirs,2016,23(3):90-93.
- [15] 刘雄,王磊,王方等.致密油藏水平井体积压裂产能影响因素分析[J].特种油气藏,2016,23(2):85-88.
- Liu Xiong,WangLei,WangFang,etal.Sensitivityanalysis of volume-fractured horizontal well productivity in tight reservoir [J].Special Oil & Gas Reservoirs,2016,23(2):85-88.
- [16] 王磊,李克文,赵楠,等.致密油储层孔隙度测定方法[J].油气地质与采收率,2015,22(4):49-53.
- Wang Lei,Li Kewen,Zhao Nan, et al.Methods research of porosity determination for tight oil reservoir [J].Petroleum Geology and Recovery Efficiency,2015,22(4):49-53.
- [17] 刘世瑞,李杨,张子明.雷家地区沙四段致密油储层改造因素分析[J].特种油气藏,2016,23(1):58-61.
- Liu Shirui,Li Yang,Zhang Ziming.Stimulation analysis of sha4 tight oil reservoirs in Leijia [J].Special Oil & Gas Reservoirs, 2016,23(1):58-61.
- [18] 李志强,赵金洲,胡永全,等.致密油层多区体积压裂产能预测[J].油气地质与采收率,2016,23(1):134-138.
- Li Zhiqiang,Zhao Jinzhou,Hu Yongquan, et al.Productivity forecast of tight oil reservoirs after multi-zone stimulated reservoir volume fracturing[J].Petroleum Geology and Recovery Efficiency,2016, 23(1):134-138.
- [19] 汪少勇,王社教,李登华,等.致密油地质风险分析方法与流程初探[J].特种油气藏,2015,22(3):1-7.
- Wang Shaoyong,Wang Shejiao,Li Denghua, et al.Preliminary geology risk analysis and process in tight oil reservoir [J]. Special Oil & Gas Reservoirs,2015,22(3):1-7.
- [20] 杜敏,陈盛吉,万茂霞,等.四川盆地侏罗系源岩分布及地化特征研究[J].天然气勘探与开发,2005,28(2):15-17.
- Du Min,Chen Shengji,Wan Maoxia, et al.Study on distribution and geochemical features of Jurassic source rocks in Sichuan Basin [J]. Natural Gas Exploration and Development, 2005, 28(2):15-17.
- [21] 李军,王世谦.四川盆地平昌-阆中地区侏罗系油气成藏主控因素与勘探对策[J].天然气工业,2010,30(3):16-21.
- Li Jun,Wang Shiqian.The main factors controlling hydrocarbon accumulation in the Jurassic of Pingchang-Langzhong area in the Sichuan Basin and its exploration strategies [J].Natural Gas Industry,2010,30(3):16-21.
- [22] 王世谦,胡素云,董大忠.川东侏罗系:四川盆地亟待重视的一个致密油气新领域[J].天然气工业,2012,32(12):22-29.
- Wang Shiqian,Hu Suyun,Dong Dazhong.Jurassic tight oil & gas resources in East Sichuan Basin: A new exploration target [J]. Natural Gas Industry,2012,32(12):22-29.
- [23] 邹才能,陶士振,侯连华,等.非常规油气地质[M].2版.北京:地质出版社,2013.
- Zou Caineng,Tao Shizhen,Hou Lianhua, et al.Unconventional petroleum geology [M].2nd ed.Beijing: Geological Publishing House,2013.
- [24] 邓康龄,王信.四川盆地西部侏罗纪沉积相及油气分布[J].沉积与特提斯地质,2004,24(3):90-95.
- Deng Kangling,Wang Xin.The Jurassic sedimentary facies and oil-gas distribution in western Sichuan Basin [J].Sedimentary Geology and Tethyan Geology,2004,24(3):90-95.
- [25] 张鹏,张金川,刘鸿,等.东濮凹陷北部沙三中亚段页岩油成藏地质条件与有利区优选[J].山东科技大学学报(自然科学版),2016,35(3):1-7.
- Zhang Peng,Zhang Jinchuan,Liu Hong, et al.Geological conditions for accumulation and favorable area selection of shale oil in mid-submember of Es<sub>3</sub> Formation, northern Dongpu Depression [J]. Journal of Shandong University of Science and Technology (Natural Science),2016,35(3):1-7.
- [26] 邓恩德,张金川,张鹏,等.东濮凹陷北部沙三上亚段页岩油成藏地质条件与有利区优选[J].山东科技大学学报(自然科学版),2015,34(3):28-37.
- Deng Ende,Zhang Jinchuan,Zhang Peng, et al.Geological condition and favorable areas of shale oil in upper-submember of Es<sub>3</sub> Formation in northern Dongpu Sag [J].Journal of Shandong University of Science and Technology (Natural Science), 2015, 34(3):28-37.
- [27] 梁承春,刘小虎,林清申,等.红河油田长 8 致密油成藏机理及“甜点”模式[J].特种油气藏,2016,23(6):26-30.
- Liang Chengchun,Liu Xiaohu,Lin Qingshen, et al.Tightoil accumulation mechanism and ‘Sweep-Spot’ mode in Chang8 Formation of Honghe Oilfield [J].Special Oil & Gas Reservoirs,2016,23(6):26-30.
- [28] 鲍海娟,刘旭,周亚丽,等.吉木萨尔凹陷致密油有利区预测及潜力分析[J].特种油气藏,2016,23(5):38-42.
- Bao Haijuan,Liu Xu,Zhou Yali, et al.Favorable area and potential analyses of tight oil in Jimsar Sag [J].Special Oil & Gas Reservoirs,2016,23(5):38-42.
- [29] 王震亮.致密岩油的研究进展、存在问题和发展趋势[J].石油实验地质,2013,35(6):587-595.
- Wang Zhenliang.Research progress,existing problem and development trend of tight rock oil [J].Petroleum Geology & Experiment,2013,35(6):587-595.